

## 加速度による携帯端末向け状況センシング方式の開発

加藤 清志 芦田 和正 兼吉 昭雄  
NEC ヒューマンメディア研究所

筆者らは、コンピュータに不慣れな一般ユーザが利用できるユーザインタフェース (UI) に関し、特に、携帯端末に適した情報表示/入力UIについての研究を進めている。携帯端末は、画面や操作に関する制約が大きく、また様々な状況での利用に対応する必要がある。本論文では、携帯端末の課題について考察し、内蔵する加速度センサのデータから歩行等のユーザ動作や周辺環境の振動を抽出して状況を推定する状況センシング方式の概要について述べる。

### Proposal of a Situation Sensing User Interface with Motion Sensors for Portable Terminals

Kiyoshi KATO, Kazumasa ASHIDA and Akio KANEYOSHI  
Human Media Research Laboratories, NEC Corporation.

Portable terminals have the potential of effectively providing information and communication services to many users being in a variety of daily life situations. They have, however, restricted size of screens and restricted number of operations. To overcome these restrictions, it is effective to sense the situation of the user and change user interfaces suitable for the situation. This paper proposes a new information processing method to sense the situation of the user, with the help of accelerometers embedded in portable terminals.

#### 1. はじめに

装置小型化技術の進歩や通信インフラの整備によって、携帯型の情報機器を取り巻く環境は大きく変わりつつある。従来はハンディターミナル等の携帯端末が主に業務用途で利用されてきたが、1万円を切る電子メール端末やメール/We bができる携帯電話が出現し、一気にパーソナル用途へと移行した。これに伴い、PC中心であった情報サービスも、個人の日常生活を支援するサービスへと変化しつつあり、その

ユーザインタフェース (UI) も、PCのサブセットではなく、常時携帯するインターフェース機器に適した新しいUIが求められている。

筆者らは、一般ユーザを対象とした携帯端末のUIに関する研究を進めており、今回、端末に内蔵した加速度センサを用いて、ユーザやユーザを取り巻く環境の状況を検出する手法の提案と実験試作を行った。本論文では、提案する状況センシング方式の概要と実験試作の結果について述べる。

## 2. 携帯端末の課題

携帯端末が一般ユーザに普及するにつれて、より簡単で日常生活レベルの経験だけで利用できるUIが必要となる。特に、常時携帯する端末では、大きさや重量の制約が大きく、小さな画面と少ない操作部品でその場の状況に適した簡単かつ自然な操作性を提供する必要がある。

### 2.1 操作性の向上

#### 1) 手持ち操作への対応

装置の小型化によって、適切な入力デバイスを配置できないという問題がある。さらに、手持ち利用が主となる携帯端末では、端末を持ったまま操作することで両手を自由に使うことができず、また、操作方法も制限される[1,2]。このような問題の解決策として、端末を自由に動かせるという特徴を考慮し、傾き操作機構を開発した[3]。これは、装置に内蔵した加速度センサによってユーザによって傾けられた端末の角度を検出するものである。端末表面に入力デバイスの配置面積がなくても利用でき、画面の小さい携帯端末で増加するスクロール等の画面操作を自然な操作性で提供できる。特に、前後左右といった様々な方向への傾きをアナログ的に検出する場合、カーソルキーなどの従来デバイスよりもきめ細かな制御を可能にする。しかし、装置を傾ける操作は、手首や腕の大まかな動きで行うため、細かいポインティングには向かない。また、操作自体を減らすものではないため、表示方法と連携や自動処理によって操作量を低減する方法も併用する必要がある。

#### 2) 小画面での効率表示

画面の小型化によって一画面の表示情報量が減少するため、その場で必要となる情報を適切に表示する必要がある。PCの世界では情報視覚化技術としていくつかの解決手法が提案されているが、より小さな画面の携帯端末でPCに不慣れたユーザ向けに適用するのは容易ではない[4,5]。このような小画面向け表示UIとして

は、傾き操作を考慮した流れ表示/意味ズーム機構を開発した[3]。店舗業務や電子ブック等の利用を想定し、大量の情報をスクロール操作だけで簡単にブラウジングできる手法である。特に、携帯端末の小さな画面では、情報の一部しか参照できないため画面切換え操作が増加するが、この手法により操作量が大幅に低減できる。しかし、常時持ち歩いて様々な状況で利用する場合、どの情報をスクロールするのかをユーザが指示することも面倒となるため、その場の状況に応じて表示を変更する手法も必要となる。

### 2.2 状況に応じたサービス提供

携帯端末が、スタンドアロンの小さなコンピュータから、いつでもネットワーク接続できるインタフェース機器へと変化すると、利用される状況も多様になる。すべての状況に適したUIを開発することは困難であり、その場の状況に応じて入力や表示の操作性を変化させる必要がある。状況の検出方法の例を表1に示す。

#### 1) 時間・場所への対応

端末が利用される状況として、現行製品でも時間や場所といった状況を利用する試みが行われている。時間情報に関しては、ソフトウェア的に処理できる場合が多く、時刻に応じた処理の他、過去の動作ログから経緯を判断したり、スケジュールデータから今後の予定に応じた処理を行う等である。位置情報に関しては、PH

表1 状況の検出方法

状況情報		検出方法
時間情報	経緯 日時 予定	動作ログ、… 時計、カレンダー、… スケジュールデータ、…
位置情報	数m～ 数cm～数m ～数cm	GPS、PHS位置情報サービス、… 磁気センサ、無線タグ、… 電磁誘導デバイス、…
その他状況	ユーザ状態 端末状態 周辺環境	生体センサ（脈拍、脳波、…） 動きセンサ（加速度、方位、…） 処理監視（動作AP、電池残量、） 通信デバイス（利用可能機器、…） 環境センサ（音、光、温度、…）

Sアンテナを利用した位置情報サービスやGPSによって数m単位の地図上の位置を検出し、位置に応じたサービスを提供するものがある[6]。また、数cm程度の距離では、ペン入力で利用されている電磁誘導デバイス等で正確な位置検出を行う技術がある。しかし、これらの間となる数m以内の位置を携帯端末上で正確に検出する方式は少ない。

筆者らの研究としては、位置情報に応じて必要な情報だけを提示するユービキタス端末向けUIの開発を進めている[7]。例えば、店舗で棚の前に立てば、その棚に関連した情報が表示されるといったように、位置情報を利用して情報選択のためのユーザ操作を低減するものである。このようにきめ細かな位置情報が得られれば、特に、常時携帯するのに適したQVGA以下の小画面端末でも、その場に必要情報だけを抽出して効率的に提示することができる。試作機の位置検出方式は、PHSと同様に通信アンテナを用いて位置検出を行うものであり、半径数m程度の微弱無線を用いて位置検出精度の向上を図っている。しかし、このような通信アンテナを用いた方式では多数のアンテナが必要であり、実用には、設置コスト面での解決策が必要である。

## 2) その他状況への対応

時間や位置の情報に加えてユーザの動作なども検出できれば、よりきめ細かな入力/表示UIを提供することができるが、このような状況を検出する実用的なデバイス及び検出手法は少なく、医療など限られた分野での利用にとどまっている[8]。利用状況が限定される業務用途であれば、あらかじめいくつかの動作モードを用意し、状況が変わった時にユーザが手動でモード変更をするという方法で対応可能である。しかし、日常的なサービスをにおいては、ユーザがどのような状況で利用するかを予想することは難しく、また、業務のような定型処理ではないため、似たような状況でも違った処理が必要となる場合もある。今後、一般ユーザ向けの高

度なサービスを提供するためには、このような状況検出手法の確立が重要である。

このような状況としては、脈拍などのユーザの生体情報、端末の向きやユーザ動作などの動きの状況、温度や明るさといった周辺環境の状況がある。周辺環境については、携帯端末上で検出しなくても、付近に設置したセンサから情報を受け取ることも可能である。しかし、端末やユーザの動きは、端末外からの検出が難しく、操作性に与える影響も大きいため、携帯端末の機能として重要であると言える。

## 3. 加速度による状況センシング

高度なサービスをより簡単な操作性で提供するための状況検出として、端末やユーザの動きを検出し、状況に応じた入力/表示UIを提供することを検討した。前述した傾き操作の加速度センサを利用し、加速度センサによって端末に加わる振動を検出し、その中から歩行などのユーザ動作によって起こった振動や乗車中の電車など外界から加わった振動を抽出することで状況推定を行う方式である。

### 3.1 加速度による状況検出

#### 1) 加速度センサの検出情報

加速度センサは、重力加速度やユーザが端末を動かすことで加わる加速度を検出する。従来から利用されているマウスやキーボードは、ユーザの意図的な操作のみを検出する操作デバイスであるが、加速度センサは、乗車中の電車の振動や歩行中のユーザの振動などの影響を受けるデバイスである。傾き操作に用いた場合には、このような外界から加わる振動を除外する手法が必要となるが、逆に、従来の操作デバイスとは異なる外界の情報を検出可能でもある。そこで、加速度センサの情報からユーザの操作情報と外界の状況情報に分離することを検討した。

#### 2) 人間の動作特性

加速度センサの出力を端末上のソフトウェアで処理する場合、100Hz以上の振動も扱うこと

ができる。しかし、ユーザが端末を傾けたり、振動させたりする動作は数 Hz 程度の変化であり、歩行等の動作による振動の間隔も同様である。また、乗車中の列車等の外界から加わる加速度は一定値が継続したり急激な変化となることがあるのに対して、人間の動作は常に滑らかな変化となる。このような特性を考慮して、ユーザ動作と外界の振動を分離することが考えられる。この場合、外界から加わる振動が偶然人間動作の特徴と一致する場合もあるため、正確に分離することはできないが、大まかな状況として利用することができる。

### 3.2 提案する状況検出方式

提案する状況検出方法は、

- 1) 端末の傾き角度を抽出する
- 2) 角度変化からユーザ操作を分離する
- 3) 角度以外の成分から振動を抽出する
- 4) 振動からユーザ動作に起因する振動と外界の振動を分離する

という手順で、1つの加速度センサの出力から、ユーザが端末を傾けたり振ったりする操作情報と、ユーザ動作による振動や外界からの振動を状況情報として抽出するものである(図1)。

#### 1) 傾き角度

傾き角度の変化によって、端末が机上に置かれているのか、手で持って操作されているかといった端末の使用状況を類推することができる。

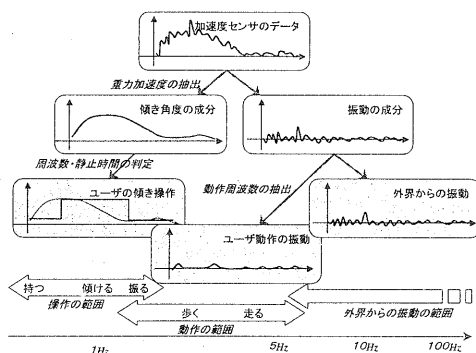


図1 加速度センサによる状況検出

傾き角度は、加速度値の一定時間平均によって比較的簡単に抽出できる。これは、重力加速度が常に一定の大きさで加わるのに対して、重力以外で一定加速度が連続することが少ないためである。加わる加速度の大きさや変化率から重力加速度以外と思われる値を除外することでより正確に検出することができる。

#### 2) 傾き操作

傾き角度の変化から、ユーザによる意図的な操作の状況を抽出することを目的とする。乗り物に乗車中など外界からの影響がある場合、傾き角度によってユーザ操作を検出するためには、変化がユーザによるものかどうかを区別する必要がある。また、外界からの影響が少ない状況で利用する場合でも、人間の腕が静止することは少ないため、ユーザが意図して操作したのかどうかを見分ける必要がある。人間が手に持った端末を傾ける動作は、滑らかでゆっくりとした動作となる。そこで、傾き角度の変化のうち、数 Hz 程度の滑らかな変化の部分として傾き操作を抽出した。また、ユーザが意図して傾き操作を行ったかどうかの区別としては、

- ・ 端末を傾ける動作  
傾き変化後に変化の少ない(静止しようとしたと思われる)区間が十分にあるか
- ・ 端末を振る動作  
傾き変化前後に予備動作と思われる変化があるか

によって区別を試みた。

#### 3) ユーザ動作による振動

端末に加わる振動によって、意図的な傾き操作とは別のユーザ動作の状況を検出することを目的とする。加速度センサの出力のうち、前述した傾き角度の変化として抽出された成分以外を振動成分として分離し、歩行などのユーザ動作によって発生する成分を抽出する。傾き操作と同様に、ユーザの動作はゆっくりとしたものであるため、数 Hz 程度の周期で滑らかに変化する成分を抽出した。傾き変化時に発生する振動による影響を避けるため、傾き操作として検

出された波形は除外した。得られた振動だけから具体的な動作を類推するためには、あらかじめ用意したパターンとの照合が必要となるが、GPSによる位置情報などと合わせて利用する場合、歩いているのか立ち止まっているのかといった簡単な判断でも効果が期待できる。

#### 4) 外界からの振動

ユーザ動作による振動以外の振動成分によって、端末とユーザを取り巻く状況を検出することを目的とする。検出された振動からユーザ動作による振動を除いた成分は、基本的に、人間動作では生成が困難な振動である。ユーザ動作による振動と同様に、詳細な状況類推にはパターン照合が必要であるが、乗り物に乗車中かどうかといった程度なら、振動の有無だけでも判断できる。この方式では、角度や振動といった成分に分離するため、例えば、外界から加わる力が偶然人間動作と近い特徴であった場合には、外界からの振動としては検出しない。これは、ユーザ動作と類似した力が外界からかかった場合には、ユーザ動作と区別すること自体が困難であり、このような外力を単独で検出してもユーザの感覚とは異なる認識結果となる可能性があるためである。例えば、電車がゆっくり傾くとそれを打ち消すように体が傾くといった無意識のユーザ動作が伴う。この場合、ユーザはまっすぐ立っているつもりなので、外力がかかっていると判断する必要がないと言える。

### 4. 状況検出実験

提案する状況検出方式を実験試作し有効性を評価した。ここでは、その結果について述べる。

#### 4.1 実験の概要

実験機は、加速度センサを接続（シリアル経由）した携帯PC（Windowsマシン）であり、センサ情報の蓄積と角度／振動成分の分離を行うソフトウェアを試作して搭載した。用いた加速度センサは2Gの範囲で加速度を検出する。データ収集は秒100回程度で行い、同時にリア

ルタイムでの情報抽出も行った。

ユーザの傾き操作抽出はこれまでの研究で試作評価できているため、今回の実験では、ユーザが意図しない動作と乗り物等の情報の収集を目的とし、場所を移動中の加速度データを収集した。具体的には、端末を机上に置いた状態（放置状態）から、手に持って蓋を閉じて鞆に入れ（ユーザ操作状態）、鞆を背負って廊下や階段を歩き（身につけて動作した状態）、バイクで移動する（乗車中の状態）といった状況が含まれる。

### 4.2 結果と考察

実験で得られたデータを図2に示す。加速度センサが検出したデータからの情報抽出は、傾き操作、ユーザ動作の振動、乗り物の振動をリアルタイムに分離でき、概ね良好な結果であった。詳細を以下に示す（図2, 3, 4）。

#### 1) 傾き操作の抽出

傾き変化後に静止したと思われる区間を検出することで、誤認識を低減できた。検出する静止区間の長さに応じて応答性が低下する。例えば、傾き操作によるスクロールでは、角度を変化させている間は画面に変化がなく静止するとスクロールを開始するが、操作感としては、摩擦のある斜面（物が滑り始めるまでに若干時間差がある感じ）となる。尚、端末を振る操作の抽出に予備動作を用いる方法は、今回の実験では特

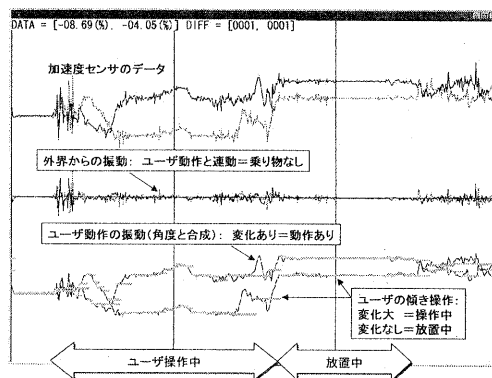


図2 傾き操作の抽出

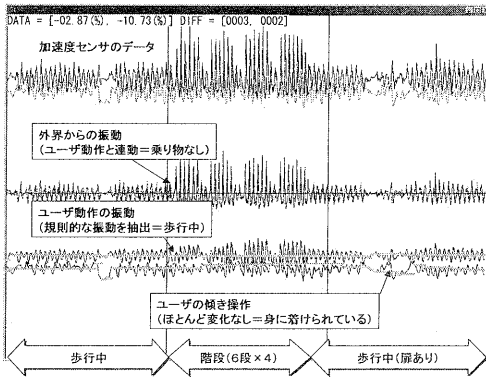


図3 ユーザ動作振動の抽出結果

に効果が見られなかった。検出精度や抽出する予備動作の選択をさらに検討する必要があると思われる。

### 2) ユーザ動作による振動の抽出

歩行や静止の状況がほぼ正確に分離できた。歩数や時間間隔によって歩行状態がわかるとともに、扉等の歩行が中断する要素があれば、どの場所を歩行中かもある程度推定も可能と思われる。階段と廊下の歩行は、振幅が異なることで分離することもできたが、時間平均によって数 Hz 周期の成分を分離した場合、振幅の大きさが小さくなり精度面で問題がある。

### 3) 外界からの振動の抽出

今回の試作ソフトでの分離では、検出周期等の問題から乗り物の振動での振幅が小さく、ユーザー動作による振動が残ってしまっているため、ユーザーが連続して動作を行っている間は状況推定の精度が低下する結果となった。ユーザー動作がない場合は、乗車中かどうかの判断の他、乗り物が分かれば信号等で停止中といった状況も推定可能と思われる。

## 5. おわりに

本論文では、状況に応じた操作性を提供するため技術として、加速度センサを用いた状況検出方式を提案した。今回の試作評価は、状況推定に向けた基礎実験であるが、放置されている、

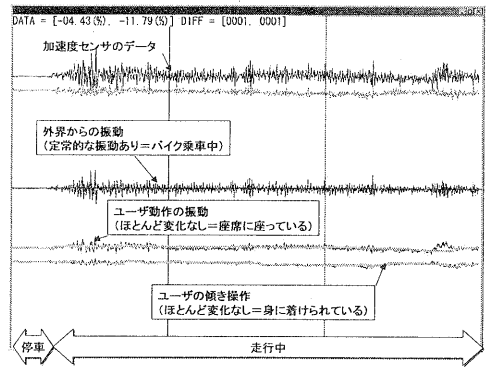


図4 外界振動の抽出結果

手に持たれている、身に着けられているといった端末状況や、歩行中、乗車中といったユーザー状況がある程度検出できることがわかった。今後は、具体的なアプリケーションを考慮して、必要な状況が検出できるかどうかの検証や他のセンサとの併用方法、及び、状況に応じたUI制御の内容について検討を進める予定である。

## 参考文献

- [1] 北村他, “少数キーによる文字入力方式”, 情処 HI, 83-7, 1999.
- [2] 中村他, “ウェアラブルコンピューティングのためのダブルマウスを用いた文字入力方式”, 情処 HI, 86-11, 1999.
- [3] 加藤他, “携帯端末向け小画面表示/片手操作 UI の提案と試作”, 情処 HI, 82-2, 1999.
- [4] Robertson, G., et al, “The Document Lens”, UIST'93, 1993.
- [5] 町田他, “携帯電話微小画面による歩行者ナビゲーション情報の提示方法に関する一検討”, 情処 HI, 86-10, 1999.
- [6] 池谷他, “エージェント技術を適用したヒューマンナビゲーションシステム”, 情処 MBL, 10-15, 1999.
- [7] 芦田他, “ユービキタス情報サービスのための無線携帯端末の開発”, 情処 HI, 86-5, 1999.
- [8] 板生他, “センサ通信網端末としてのウェアラブル情報機器”, 情処 MBL, 8-3, 1999.